动 物 学 研 究 2007, Jun. 28 (3): 243－248 CN 53－1040/Q ISSN 0254－5853
Zoological Research

南蝠对鸟的捕食及其对昆虫的选择

韩宝银[1,2]，谷晓明[2]，梁 冰[3]，张树义[1,*]
（1. 华东师范大学 生命科学学院，上海 200062；2. 贵州师范大学 地理与生物科学学院，贵州 贵阳 550001；
3. 中国科学院动物研究所，北京 100080）

摘要：2005 年 11 月和 2006 年 5、7、9 月在贵州兴义研究了南蝠（*Ia io*）的食性。通过对南蝠粪便分析，发现 7、9 和 11 月份，鸟的残留羽毛在粪便中占很大比例，尤其是在 11 月份，鸟的羽毛占了食物组成的 82%（体积百分比，下同），结果证实南蝠是一种食鸟蝙蝠。但在 5 月份的粪便中未发现鸟毛，而鞘翅目所占比例很大（85%）；7 和 9 月份，鸟的羽毛和鞘翅目残遗物所占的比例相当（7 月份分别为 44.6% 和 48.7%；9 月份分别为 51.1% 和 43.4%）。5、7、9、11 月份南蝠取食鸟类的比例逐渐增加，而对鞘翅目的取食则逐渐减少。除取食鞘翅目外，南蝠还捕食鳞翅目、半翅目、直翅目和膜翅目等昆虫。对比捕食区内潜在的食物，发现南蝠对部分昆虫表现出明显的选择性，说明南蝠为选择性捕食者。

关键词：南蝠；食性；食鸟；鞘翅目
中图分类号：Q969.422.2；Q958.11 **文献标识码**：A **文章编号**：0254－5853（2007）03－0243－06

Bird Predation and Selection of Different Insects by Great Evening Bats (*Ia io*)

HAN Bao-yin[1,2], GU Xiao-ming[2], LIANG Bing[3], ZHANG Shu-yi[1,*]
(1. *School of Life Science, East China Normal University, Shanghai* 200062, *China*;
2. *School of Geographical and Biological Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang* 550001, *China*;
3. *Institute of Zoology, the Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100080, *China*)

Abstract: The diet of the great evening bat, *Ia io*, was studied in Guizhou province of China in November 2005 and May, July and September 2006. The diet was examined by faecal analysis. Bird feathers were found to comprise most of the great evening bats' faeces in July, September and November. This discovery demonstrates that the great evening bat is a bird-eating bat. In November, bird remains were found comprising 82% (by volume) of the bat faeces, but were not found in May. The food component in May mainly consisted of Coleoptera (85%). In July and September, the proportions of bird feathers and Coleoptera found in the bat faeces were similar (44.6% and 48.7% in July, 51.1% and 43.4% in September, respectively). From May to November, the proportion of bird predation by the great evening bats gradually increased, and the proportion of Coleoptera eaten gradually decreased. Apart from Coleoptera, the great evening bats also preyed on other organisms, including Lepidoptera, Hemiptera, Orthoptera and Hymenoptera. Comparing the food components of bats by faecal analysis with the potential food availability measured in the foraging area, we suggest that the great evening bat is a selective predator.

Key words: Great evening bats (*Ia io*); Diet; Bird predation; Coleoptera

蝙蝠捕食鸟这一现象以前曾有报道，其中大部分是热带大型蝙蝠，如美洲假吸血蝠（*Vampyrum spectrum*）通过拾遗式捕食策略来捕捉栖息的鸟（Norberg & Fenton, 1988; Pavey & Burwell, 1997）。蝙蝠对鸟的捕食是一种相对少见的行为，即使在食肉蝙蝠中也是如此。Koopman（1994）认为，蝙蝠中

* 收稿日期：2007－02－06；接受日期：2007－03－09
基金项目：华东师范大学紫江学者和美国国家地理学会（7806-05）项目资助
* 通讯作者（Corresponding author），E-mail：syzhang@bio.ecnu.edu.cn
第一作者简介：韩宝银，男，硕士研究生，主要从事蝙蝠行为生态学与分子生态学研究。

食肉蝙蝠的种类不足百分之一，但是这一数字很可能被低估了，原因是人类还缺乏对许多蝙蝠捕食习性的了解。迄今为止，蝙蝠对鸟的捕食仅在4个科的蝙蝠中有过报道（Norberg & Fenton，1988；Dondini & Vergari，2000；Ibanez et al，2001），其中包括蝙蝠科（Vespertilionidae）的毛翼山蝠（*Nyctalus lasiopterus*）、新大陆叶口蝠科（Phyllostomidae）的美洲假吸血蝠（*Vampyrum spectrum*）、假吸血蝠科（Megadermatidae）的印度假吸血蝠（*Megaderma lyra*）和澳洲假吸血蝠（*Macroderma gigas*）以及狐蝠科（Pteropodidae）的锤头果蝠（*Hypsignathus monstrosus*）。在这些科中，报道最详细的是西班牙和意大利温带地区的毛翼山蝠，如Dondini & Vergari（2000）第一次揭示毛翼山蝠在其栖息场所对鸟的捕食；Ibanez et al（2001）证实该种蝙蝠捕捉迁徙的鸟类。

Jones & Rydell（2003）指出世界上现存的大约1 100种蝙蝠中约有70%是食虫的，昆虫和其他一些小型节肢动物是食虫蝙蝠最主要的食物来源。蝙蝠所捕食的昆虫很多是人类的害虫（如苍蝇、蚊子），而且捕食昆虫的数量巨大。据估计蝙蝠在一个夜晚能吃掉相当于自身体重25%—50%的昆虫；因此，可以说蝙蝠是害虫的自然天敌，在维护生态系统中具有重要的作用。由于昆虫体表外骨骼为几丁质，大部分翅膜质化，而且一般食虫蝙蝠1—2 h就排便，消化道内昆虫食物的滞留时间较短（Kunz，1988），所以在蝙蝠粪便中仍能检测出大部分昆虫的未消化部分。这些残留碎片能比较合理地体现蝙蝠的实际食物组成（Kunz & Whitaker，1983）；因而，我们采用粪便分析（Kunz & Whitaker，1983）和直接观察（Kunz，1988）法，分析其食物组成。这种非损伤性研究方法目前被广泛采用（Kunz & Whitaker，1983；Brack & La Val，1985；Sample & Whitmore，1993；Zhang et al，2005）。南蝠广泛分布于亚洲南部，见于老挝、越南、泰国、印度和尼泊尔（Bates & Harrison，1997；Bates，2005），国内见于江苏、安徽、江西、湖北、湖南、广西、陕西、四川、云南和贵州等（Wang，2003）。它们通常栖息于海拔400—1 700 m的岩洞中，数只结成小群悬挂于岩洞顶壁，有时也可多至十余只；夜间出洞捕食，黎明前归洞。南蝠是蝙蝠科当中体型最大且最稀有的物种之一（Csorba，1998）。本文报道了贵州兴义一个南蝠种群食鸟和食虫习性的研究结果。

1 材料与方法

1.1 研究时间和地点及其生态环境

南蝠的野外观察和粪便取样均在贵州省兴义市敬南乡山脚村飞龙洞（24°58.426′N，104°52.687′E）进行。2005年11月和2006年5、7、9月，我们先后4次研究该南蝠种群，每次研究10 d。飞龙洞是典型的岩溶洞穴，有两个大洞口，洞顶离地面较高，最高处约30 m，洞长约1 000 m，还有一个长约500 m的支洞。洞口外主要为一些陡峭的山丘，山上长有次生林，山脚下有地势较平坦的农田，周围的生态环境质量较好。洞穴附近主要的生境类型有针叶林、常绿阔叶落叶混交林、灌丛、草地和农田，常见的植物类群，据Huang et al（1988）编著的《贵州植被》有豆科（Leguminosae）、无患子科（Sapindaceae）、楝科（Meliacea）和桑科（Moraceae）等植物。洞穴内栖息着7种蝙蝠：南蝠是低危种群，洞内种群数量仅100—200只；大蹄蝠（*Hipposideros armiger*）和马铁菊头蝠（*Rhinolophus ferrumequinum*）数量在300—400只以内；普通长翼蝠（*Miniopterus schreibersii*）、中华鼠耳蝠（*Myotis chinensis*）、大鼠耳蝠（*M. myotis*）和白腹管鼻蝠（*Murina leucogaster*）数量均在百只以内。

1.2 粪便收集和形态测量

采用粪便分析（Kunz & Whitaker，1983）和直接观察（Kunz，1988）法分析南蝠的食物组成。从夜间20：00至次日7：00在洞口悬挂雾网，将捕获的回洞蝙蝠鉴定种类后放置于干净小布袋内，每袋一只，编号并记录；4个月先后捕捉捕食后进洞的成体南蝠共42只。于次日下午待蝙蝠完全排便后，把捕捉到的蝙蝠在原捕捉地释放，收集布袋内遗留的粪便。粪便干燥后置于小玻璃瓶内密封保存，待鉴定。对捕获的南蝠个体测量体重（天平测量，精确到0.1 g）和前臂长、头体长、尾长（游标卡尺，精确度为0.1 mm）。测量数据用平均值±标准差表示。

1.3 网捕潜在食物

与南蝠的观察同步，我们于夜间21：00至次日2：00在其捕食生境用灯光诱捕昆虫，同时利用昆虫网和雾网网捕昆虫，以测定南蝠捕食区域的潜在食物量。把昆虫样品保存在70%的酒精中，待鉴定。

1.4 样品分析和数据处理

参考 Guo et al（1987）编著的《贵州农林昆虫志》，将捕捉到的昆虫样本鉴定到目。粪便先在70%的酒精中至少浸泡 12 h（Belwood & Fenton，1976），然后将粪便颗粒置于培养皿中用细针和镊子撕碎，并在培养皿底部置一细筛；参考 Kunz & Whitaker（1983）和 Kunz（1988）的方法，在解剖镜下将粪便中的昆虫残骸鉴定到目。同时，将鸟毛、昆虫残次用网格计数法计算各自所占的体积百分比（各残次的体积占总样品体积的百分比），分析其食物组成，即为食物量。我们共分析了 42 只个体的 395 粒粪便。南蝠的潜在食物和食物组成用平均值 ± 标准差表示（Mean ± *SD*），用 χ^2 检验分析南蝠对昆虫的选择性；所有数据均采用 SPSS 11.5 统计软件进行统计分析。

2 结 果

2.1 形态特征

与蝙蝠科的其他蝙蝠相比，南蝠是大型种类。42 只成体的前臂长为（75.5 ± 2.2）mm，头体长为（84.4 ± 5.4）mm，尾长为（72.1 ± 5.5）mm，体重为（50.1 ± 5.2）g。

2.2 潜在食物量

由表 1 可以看出，在该地区，南蝠的潜在食物，11 月份以膜翅目昆虫为主（35.18%），其次为半翅目、鞘翅目、双翅目、直翅目、同翅目和鳞翅目；5 月份以鳞翅目昆虫为主（23.53%），其次为直翅目、膜翅目、等翅目、双翅目、鞘翅目、同翅目和半翅目；7 月份以直翅目昆虫为主（25.32%），其次为鞘翅目、鳞翅目、半翅目、膜翅目、蛛形纲、双翅目和同翅目；9 月份以直翅目昆虫为主（26.3%），其次为鳞翅目、鞘翅目、半翅目、双翅目、膜翅目和蜻蜓目。在研究期间，该地区南蝠的潜在食物量以鞘翅目、鳞翅目、双翅目、膜翅目、直翅目、半翅目和同翅目昆虫为主。

2.3 食物组成

通过粪便分析法共分析 42 只成体的 395 粒粪便，分析结果见表 2。11 月份鸟的羽毛在粪便样品中占到 82%，变化范围为 30%—99%；其他食物成分主要为昆虫残次，经鉴定分属于 4 个目（鞘翅目 8%、鳞翅目 3%、半翅目 4%和膜翅目 1%）；另外还发现一个蜗牛和一些虫卵，所占体积大致为 2%。5 月份粪便分析中未发现有鸟毛的痕迹，食物组成中鞘翅目所占的比例最大（85%），其次为直翅目（5.2%）、半翅目（4.2%）和鳞翅目（3.4%）。7 月份，粪便分析中发现鸟毛占的比例增大，达到 44.6%，其变化范围为 0—98%；也发现其他食物成分主要为 4 个目的昆虫（鞘翅目 48.7%、鳞翅目 2.8%、半翅目 0.4%和直翅目 0.7%）；同时还发现了少量的蜱螨（0.2%）。9 月份粪便分析中发现鸟毛占的比例进一步增大，达到 51.1%，其变化范围为 0—97%；也发现其他食物成分主要为 3 个目的昆虫（鞘翅目 43.4%、鳞翅目 1.9%和直翅目 2.1%）。在 7、9 和 11 月份的粪便中，鸟毛分布的百分比见图 1。

表 1 南蝠的潜在食物量（体积百分比）

Tab. 1 Potential food availability for *Ia io*（Mean ± *SD*；volume percent，%）

种类 Categories	2005 年 11 月	2006 年 5 月	2006 年 7 月	2006 年 9 月
鞘翅目 Coleoptera	13.53 ± 1.15	5.67 ± 1.43	13.46 ± 1.22	12.1 ± 1.28
鳞翅目 Lepidoptera	0.96 ± 0.27	23.53 ± 3.03	11.54 ± 1.11	14.2 ± 1.66
双翅目 Diptera	8.84 ± 0.71	9.33 ± 1.54	6.41 ± 1.54	9.3 ± 0.63
膜翅目 Hymenoptera	35.18 ± 2.31	12.37 ± 2.64	9.29 ± 0.57	6.9 ± 0.71
直翅目 Orthoptera	5.65 ± 1.04	17.65 ± 3.3	25.32 ± 1.55	26.3 ± 1.21
半翅目 Hemiptera	30.13 ± 1.45	3.65 ± 1.37	9.94 ± 1.77	11 ± 2.18
同翅目 Homoptera	4.21 ± 0.75	5.48 ± 2.38	6.09 ± 0.85	3.6 ± 1.31
革翅目 Dermaptera	0.48 ± 0.21	1.62 ± 0.61	1.61 ± 0.43	1.6 ± 0.77
等翅目 Isoptera	0	11.16 ± 1.94	0	0
蜚蠊目 Blattodea	0	2.64 ± 0.62	1.92 ± 0.63	0.8 ± 1.08
蜻蜓目 Odonata	0	2.43 ± 0.51	4.17 ± 1.25	6.9 ± 1.02
螳螂目 Mantodea	0.36 ± 0.11	1.22 ± 0.38	0.96 ± 0.54	0.4 ± 0.37
蛛形纲 Arachoidea	0.66 ± 0.31	3.25 ± 0.52	8.65 ± 1.21	5.7 ± 1.26
竹节虫目 Phasmida	0	0	0.64 ± 0.26	1.2 ± 4.7
共计 Total	100	100	100	100

每月取样的天数皆为 10 天。The sampling days in each month are all 10.

表 2 南蝠的食物组成（体积百分比）

Table 2 Diet composition of *Ia io* (Mean ± *SD*; volume percent, %)

种类 Categories	2005 年 11 月（$n = 12$）	2006 年 5 月（$n = 10$）	2006 年 7 月（$n = 9$）	2006 年 9 月（$n = 11$）
鸟 Bird	82 ± 16.4	0	44.6 ± 40.9	51.1 ± 38.2
鞘翅目 Coleoptera	8 ± 8.9	85 ± 9.8	48.7 ± 37.7	43.4 ± 35.1
鳞翅目 Lepidoptera	3 ± 4.1	3.4 ± 4.4	2.8 ± 5.4	1.9 ± 2.9
半翅目 Hemiptera	4 ± 6.0	4.2 ± 4.6	0.4 ± 0.9	0
直翅目 Orthoptera	0	5.2 ± 4.7	0.7 ± 2.5	2.1 ± 3.7
膜翅目 Hymenoptera	1 ± 1.7	0	0	0
蜱螨 Acaria	0	0	0.2 ± 1.1	0
其他 Others	2 ± 2.5	2.2 ± 2.6	2.6 ± 1.7	1.5 ± 0.8
共计 Total	100	100	100	100

n 为蝙蝠的个体数量。*n* = number of individuals sampled.

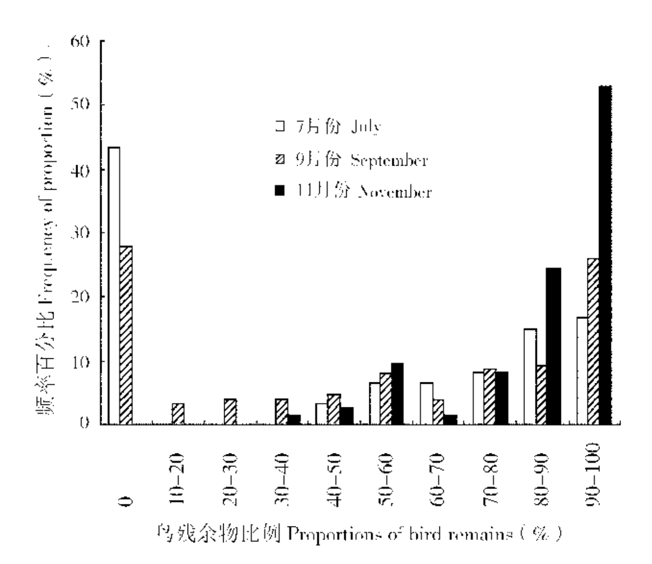


图 1 7、9 和 11 月份南蝠粪便中鸟残余物不同比例分布图

Fig. 1 Proportion distribution of bird remains in the faeces of *Ia io* in July, September and November

频率百分比表示在限定区间内鸟残余物百分比出现的总次数与本月分析粪便颗粒数的比值。

Frequency of proportion means the total times of occurrences of the given proportions of bird remains in the limited range to the number of faecal pellets analyzed in each month.

2.4 选择性捕食昆虫

对比食物组成与潜在食物量，我们用 χ^2 检验分析发现，11 月份南蝠对膜翅目和半翅目昆虫为负选择，对其他各目昆虫无选择（图 2a）；5 月份南蝠对鞘翅目昆虫为正选择，对鳞翅目和直翅目昆虫为负选择，对其他各目昆虫无选择（图 2b）；7 月份南蝠对鞘翅目昆虫为正选择，对半翅目和直翅目昆虫为负选择，对其他各目昆虫无选择（图 2c）；9 月份南蝠对鞘翅目昆虫为正选择，对鳞翅目和直翅目昆虫为负选择，对其他各目昆虫无选择（图 2d）。

3 讨 论

从表 2 可以看出，南蝠食物成分的标准差很大，这是由于在蝙蝠粪便中这些食物成分的数量存在很大变化。同时从图 1 可以看出，在 7、9 和 11 月份，鸟的羽毛在粪便中的分布也有很大差异，这是由于在有些粪便中，粪便颗粒主要由鸟毛构成。不难想象，鸟一旦被南蝠捉住便足够满足其一餐的食物量。

通过食性分析，我们证实了南蝠对鸟的捕食。在解剖镜下分析粪便时观察到黑、黄和白色羽毛所占的比例很大，同时依据 Wu et al（1986）编著的《贵州鸟类志》，我们推测南蝠捕食的鸟的种类很可能是黄腹柳莺（*Phylloscopus affinis*）。在 11 月 4 日 00：02 时，我们捕捉到一只成年雌性南蝠，发现一些鸟毛在它的爪子上，并且有一些血迹在它的嘴和爪子上，这是南蝠刚刚吃完鸟后的直接证据。Bontadina & Arlettaz（2003）认为，由于蝙蝠不能把鸟从鸟毛中区别出来，因此蝙蝠捕捉漂浮在空气中的鸟毛。考虑到蝙蝠的粪便中含有大量的鸟毛，我们对上面提到的这一假说是不能接受的。Barclay（1995）提出蝙蝠吃鸟羽和骨头的假说，如果蝙蝠通常所吃的食物中缺乏钙（Studier et al，1991；Studier & Sevick，1992）。Adams et al（2003）发现洞穴里的水富含有大量的钙，因而蝙蝠能够充分地利用水里所富含的钙资源。Codd et al（1999）曾经观察到普通长翼蝠（*M. schreibersii*）舔舐岩石的表面。我们在野外观察南蝠栖息地发现，该栖息地主要是由沉积的石灰岩构成的典型的溶岩地貌，因此在洞穴内外的水体肯定富含大量的钙。而且，Ibanez et al（2003）指出羽毛的含钙量很低。因此，

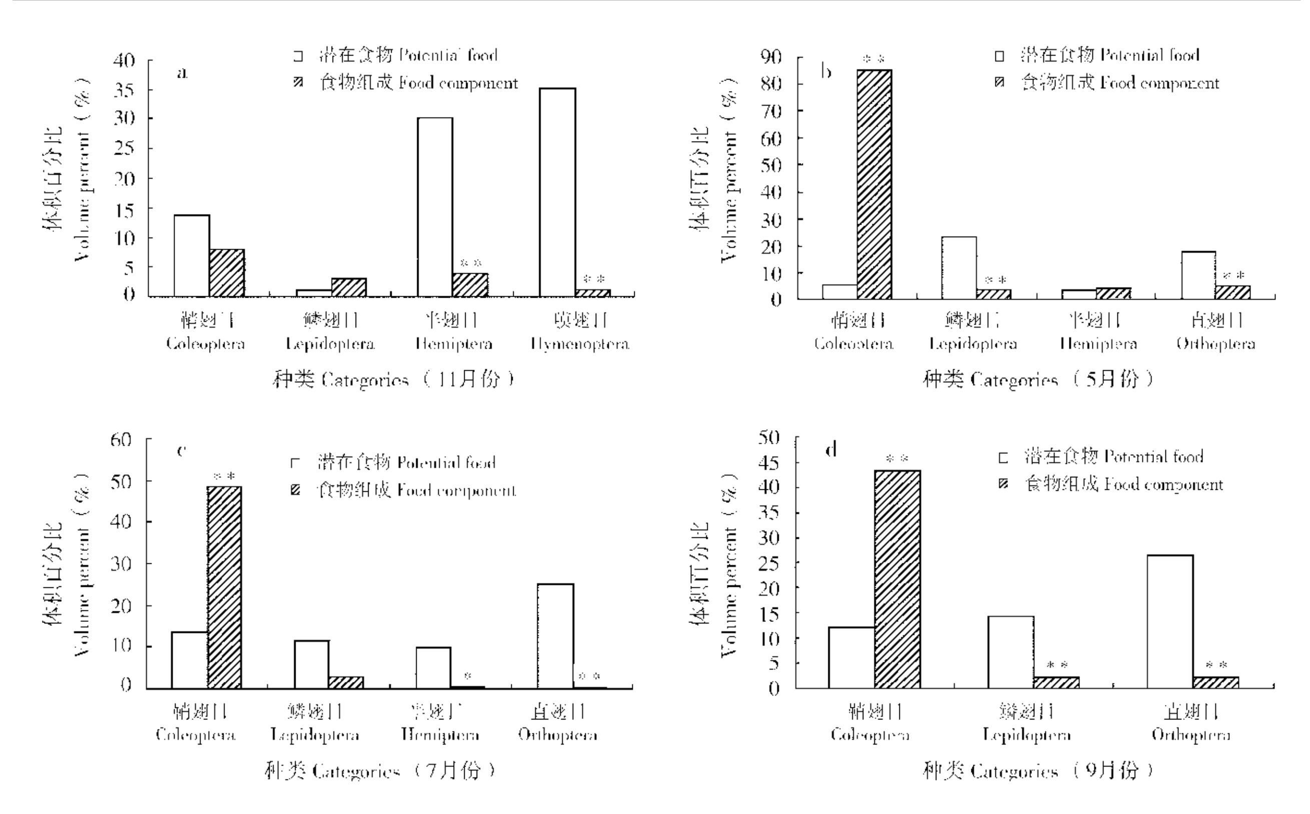


图 2　南蝠在不同月份对不同昆虫的选择

Fig. 2　Selection of different insects by great evening bats, *Ia io*, in different months

a: November; b: May; c: July; d: September.　　* $P<0.05$, ** $P<0.01$ (χ^2-test).

对于南蝠吃鸟是为了克服钙缺乏这一说法显然不确切。以往的研究发现鸟的羽毛在食鸟蝙蝠的粪便中是主要的成分（Norberg & Fenton, 1988; Dondini & Vergari, 2000; Ibanez et al, 2001），而我们在飞龙洞研究南蝠对鸟的捕食行为也支持这一观点。粪便中鸟的骨头很少被发现，Ibanez et al（2003）因此提出，毛翼山蝠主要捕食鸟肉这一观点，我们也认为南蝠主要食鸟肉，而对鸟的骨头的摄取很少。11 月份绝大多数南蝠都捕食鸟，这很可能与在这一地区鸟类迁徙的高峰期相符合，南蝠在这些鸟的迁徙路线上充分地利用这一食物资源。同时，南蝠体型较大，在 11 月份捕食大量的鸟类，可能与其在冬眠前储存脂肪需要进食大量的食物有关。

体型巨大的南蝠捕食鸟，也捕食昆虫。对于南蝠的食虫性，从表 2 可以看出，南蝠主要捕食的 5 个目的昆虫分别是鞘翅目、鳞翅目、膜翅目、直翅目和半翅目；这与环境中的潜在食物量密切相关。从表 1 可以看出，在研究期间，该地区南蝠的潜在食物量以鞘翅目、鳞翅目、双翅目、膜翅目、直翅目、半翅目和同翅目昆虫为主。同时，我们的研究也证实，南蝠对环境中不同目的昆虫具有选择性，它们以捕食鞘翅目的甲虫为主，其他相似的大型蝙蝠，如棕蝠（*Eptesicus serotinus*）（Vaughan, 1997）和大棕蝠（*Eptesicus fuscus*）（Freeman, 1981）也主要捕食甲虫。从表 1 不难看出，环境中鞘翅目的昆虫在各个月份均出现而且占的比例很大，在 11、5、7 和 9 月份鞘翅目分别居第三、第六、第二、第三位，而在食物组成中（表 2）却分别占第二、第一、第二、第一位。Feng et al（2001）和 Thabah et al（待发表）发现南蝠叫声的能量集中于较低频率处（FMF 较低），叫声强度较大，适合捕捉个体较大的昆虫。另外，根据最佳捕食理论的推测，蝙蝠需要主动选择食物，使能量回报率最大化（Stephens & Krebs, 1986）。影响食物选择的因素，除食物的含能成分，如钙元素（Barclay, 1995）、脂肪酸（Schalk & Brigham, 1995）等外，食物的大小也是重要因素之一（Kunz & Fenton, 2003）。而我们在野外网捕昆虫时，经常能够网捕到数量比较多的大型鞘翅目昆虫，如甲虫等，同时在解剖镜下分析粪便时经常能看到数量较多的鞘翅目昆虫残留的坚硬体壁。南蝠对鳞翅目、膜翅目、直翅目和半翅目昆虫为负选择，其原因可能是这几个目的昆虫

不是这种蝙蝠的最佳食物选择。我们在7月份的粪便分析中还发现了少量的蜱螨，而在野外捕捉到的部分南蝠个体，其身上有大量的寄生虫，因此怀疑是南蝠在理毛时吞食自己身体上的寄生虫。

致谢：粪便分析和昆虫鉴定得到贵州师范大学地理与生物科学学院罗庆怀博士和胡开良同学的帮助和指导，野外工作得到胡开良、游太勇、黄洋和贺红早同学的协助，在此一并致谢。

参考文献：

Adams RA, Pedersen SC, Thibault KM, Jadin J, Petru B. 2003. Calcium as a limiting resource to insectivorous bats: Can water holes provide a supplemental mineral source [J]. *J Zool Lond*, **260**: 189-194.

Barclay RMR. 1995. Does energy or calcium availability constrain reproduction by bats [J]. *Sym Zool Soc Lond*, **67**: 245-258.

Bates PJJ. 2005. A review of the genera *Myotis*, *Pipistrellus*, *Hypsugo*, and *Arielulus* (Chiroptera: Vespertilionidae) from Myanmar (Burma), including three species new to the country [J]. *Acta Chiropterol*, **7**: 205-236.

Bates PJJ, Harrison DL. 1997. Bats of the Indian Subcontinent [M]. Sevenoaks: Harrison Zoological Museum Publications.

Belwood JJ, Fenton MB. 1976. Variation in the diet of *Myotis lucifugus* (Chiroptera: Vespertilionidae)[J]. *Can J Zool*, **54**: 1674-1678.

Bontadina F, Arlettaz R. 2003. A heap of feathers does not make a bat's diet [J]. *Funct Ecol*, **17**: 141-142.

Brack V, La Val RK. 1985. Food habits of the Indiana bat in Missouri [J]. *J Mammal*, **66**: 308-315.

Codd J, Clark B, Sanderson K. 1999. Drinking by the common bent-wing bat *Miniopterus schreibersii* and calcium in cave water [J]. *Bat Res News*, **40**: 9-10.

Csorba G. 1998. The distribution of the great evening bat *Ia io* in the Indomalayan Region [J]. *Myotis*, **36**: 197-201.

Dondini G, Vergari S. 2000. Carnivory in Greater Noctule (*Nyctalus lasiopterus*) in Italy [J]. *J Zool Lond*, **251**: 233-236.

Feng J, Li ZX, Zhou J, Zhao HH, Zhang SY. 2001. Echolocation calls analyzing of Great Evening Bat (*Ia io*)[J]. *Zool Res*, **22**(3): 250-252. [冯 江，李振新，周 江，赵辉华，张树义. 2001. 南蝠回声定位叫声的分析. 动物学研究，**22**(3): 250-252.]

Freeman PW. 1981. Correspondence of food habits and morphology in insectivorous bats [J]. *J Mammal*, **62**: 166-173.

Guo ZZ, Zheng ZM, Chen FY et al. 1987. The Agricultural and Forestry Insect Fauna of Guizhou (I)[M]. Guiyang: Guizhou People's Publishing House, 1-460. [郭振中，郑哲民，陈凤玉等. 1987. 贵州农林昆虫志(I). 贵阳：贵州人民出版社，1-460.]

Huang WL, Tu YL, Yang L. 1988. Vegetation of Guizhou [M]. Guiyang: Guizhou People's Publishing House, 267-296. [黄威廉，屠玉麟，杨 龙. 1988. 贵州植被. 贵阳：贵州人民出版社，267-296.]

Ibanez C, Juste J, Garcia-Mudarra JL, Agirre-Mendi PT. 2001. Bat predation on nocturnally migrating bird [J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, **98**: 9700-9702.

Ibanez C, Juste J, Garcia-Mudarra JL, Agirre-Mendi PT. 2003. Feathers as indicator of a bat's diet: A reply to Bontadina and Arlettaz [J]. *Funct Ecol*, **17**: 143-145.

Jones G, Rydell J. 2003. Attack and defense: Interactions between echolocating bats and their insect prey [A]. In: Kunz TH, Fenton MB. Bat Ecology [M]. Chicago: The University of Chicago Press, 301-405.

Koopman KF. 1994. Chrioptera: Systematics (Handbook of Zoology), vol. 8, Mammalia [M]. Berlin: Walter de Gruyter.

Kunz TH. 1988. Ecological and Behavioral Methods for the Study of Bats [M]. Washington: Smithsonian Institution Press.

Kunz TH, Fenton MB. 2003. Bat Ecology [M]. Chicago: The University of Chicago Press.

Kunz TH, Whitaker JO. 1983. An evaluation of fecal analysis for determining food habits of insectivorous bats [J]. *Can J Zool*, **61**: 1317-1321.

Norberg UM, Fenton MB. 1988. Carnivorous bats [J]. *Biol J Linn Soc*, **33**: 383-394.

Pavey CR, Burwell CJ. 1997. The diet of the diadem leaf-nosed bat *Hipposideros diadema*: Confirmation of a morphologically-based prediction of carnivory [J]. *J Zool Lond*, **243**: 295-303.

Sample BE, Whitmore RC. 1993. Food habits of the endangered Virginia big-eared bat in West Virginia [J]. *J Mammal*, **74**: 428-435.

Schalk G, Brigham RM. 1995. Prey selection by insectivorous bats: Are essential fatty acids important [J]. *Can J Zool*, **73**: 1955-1959.

Studier EH, Sevick SH. 1992. Live mass, water-content, nitrogen and mineral levels in some insects from south-central Lower Michigan [J]. *Comp Biochem Physiol*, **103**(A): 579-595.

Studier EH, Viele DP, Sevick SH. 1991. Nuritional implications for nitrogen and mineral budgets from analysis of guano of the big brown bat Eptesicus fuscus (Chiroptera, Vespertilionidae) [J]. *Comp Biochem Physiol*, **100**(A): 1035-1039.

Stephens DW, Krebs JR. 1986. Foraging Theory [M]. New Jersey: Princeton University Press.

Thabah A, Li G, Wang YN, Liang B, Hu KL, Zhang SY, Jones GD. 2007. Echolocation calls and phylogenetic affinities of the great evening bat *Ia io* (Vespertilionidae): Another carnivorous bat. *J Mammal* (in press).

Vaughan N. 1997. The diet of British bats [J]. *Mamm Rev*, **27**: 77-94.

Wang YX. 2003. A Complete Checklist of Mamma Species and Subspecies in China A Taxonomic and Geographic Reference [M]. Beijing: China Forestry Publishing House. 49. [王应祥. 2003. 中国哺乳动物种和亚种分类名录与分布大全. 北京：中国林业出版社. 49.]

Wu ZK, Lin QW, Yang JL, Liu JC, Wu L. 1986. The Avifauna of Guizhou [M]. Guiyang: Guizhou People's Publishing House, 1-480. [吴志康，林齐维，杨炯蠡，刘积琛，伍 律. 1986. 贵州鸟类志. 贵阳：贵州人民出版社. 1-480.]

Zhang L, Jones G, Rossiter S, Ades G, Liang B, Zhang SY. 2005. The diet of flat-headed bats, *Tylonycteris pachypus* and *T. robustula* in Guangxi, South China [J]. *J Mammal*, **86**: 61-66.